

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИНЕЙНО–ПОЛЯРИЗОВАННОГО НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ИНКУБАЦИОННЫХ ЯИЦ ИНДЕЕК

Н.А. ДУБИНА¹, М.В. ШАЛАК¹, В.Ю. ПЛАВСКИЙ²

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

г. Горки, Республика Беларусь

²Институт физики имени Б.И. Степанова НАН РБ

г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Наиболее интенсивной и динамично развивающейся отраслью сельского хозяйства по насыщению рынка диетическим мясом является промышленное птицеводство. Наш интерес обращен к промышленному выращиванию индюшат, целью которого является получение мяса с высокими пищевыми, диетическими, вкусовыми качествами. Для исследований в этой отрасли птицеводства перспективным является поиск эффективных мероприятий, применимых при инкубации, ведущих к повышению выводимости и получению крепких, хорошо развитых суточных индюшат. Выводимость индюшат при промышленной инкубации составляет 55–75%, а такой же показатель при инкубации цыплят составляет 91–98%. Исследования, которые приведут к повыше-

нию выводимости индюшат, прямо повлияют на увеличение поголовья, а косвенно в значительной степени на уменьшение себестоимости произведённой продукции через снижение затрат на содержание родительского стада, и, в итоге, к увеличению чистой прибыли предприятия. В этой связи, задачей наших исследований является изучение влияния низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на инкубацию индюшиных яиц.

Выраженная биологическая активность и высокая терапевтическая эффективность низкоинтенсивного лазерного излучения видимой и ближней инфракрасной областей спектра в настоящее время практически не ставятся под сомнение как отечественными специалистами, так и исследователями ведущих стран Западной Европы, США и Японии (Владимиров, 2004; Головинский, 1994; Bolognani, 1994). При этом наиболее широкое распространение в современной клинической практике нашли методы лазерной терапии, основанные на воздействии оптическим излучением непрерывного и импульсного (наносекундного) режимов генерации (Плавский, 2007).

К настоящему времени твердо установлено, что НИЛИ видимой и ближней инфракрасной спектральных областей обладает высокой биологической активностью регуляторного характера. Исследования в области лазерных биотехнологий интенсивно развиваются. В результате этих исследований выяснены основные закономерности действия НИЛИ на соматические клетки животных и человека. Фотофизический процесс, определяющий биологическую активность НИЛИ, представляет собой нерезонансное взаимодействие с определенными молекулярными структурами клеток (Рубинов, 2005). Доказано, что НИЛИ способно оказывать регуляторное неповреждающее действие на функциональную активность клеток животных и человека как в условиях *in vitro*, так и в условиях *in vivo* (Lubart, 1992). Экспериментально наблюдается изменение активности важнейших ферментов метаболизма, скорости синтеза белков, ДНК, РНК, проницаемости мембран клеток, скорости деления клеток, восстановление их поврежденных хромосом, регенерации тканей, активности иммунной системы (Мостовников, 1992; Москвина, 2000; Кару, 2008).

Цель работы – определить биологическую активность линейно-поляризованного низкоинтенсивного лазерного излучения, которая выражается в разных показателях выводимости индюшат, при разных дозах облучения инкубационных яиц индеек.

Методика и объекты исследования. Исследования проводились в КСУП «Белорусский» Минского района. Было проведено три опыта, в каждом формировалось по три опытных и одной контрольной группе (табл.1).

Таблица 1 – Схема опытов, нумерация опытных и контрольных групп

Опыт, номер	Количество яиц в груп- пах, N _{зал} , шт.	Мощность излучения Р, мВт	Опытные группы, номер			Контрольные группы, номер
			Экспозиция t, с			
			20	40	60	
№ 1	52	5	№ 1–1	№ 1–2	№ 1–3	№ 1–4
№ 2	52	15	№ 2–1	№ 2–2	№ 2–3	№ 2–4
№ 3	52	25	№ 3–1	№ 3–2	№ 3–3	№ 3–4

Обработку яиц производили аппаратом «Родник–1», который создаёт линейно-поляризованное коллимированное излучение. Луч исходит из излучателя с малой угловой расходимостью и мощностью, которую можно изменять в настройках аппарата от 0 до 25 мВт. Действие лазерного излучения происходило посредством излучателя красной области спектра длиной волны $\lambda=670$ нм. Одновременно с лазерным излучением постоянно действовало магнитное поле индукцией до 100 мТл. В первом опыте во всех опытных группах устанавливалась мощность излучения 5 мВт, во втором опыте 15 мВт, в третьем 25 мВт. Продолжительность облучения (экспозиция) в трёх опытных группах составляла, соответственно: 20, 40, 60 секунд. Длина волны $\lambda=670$ нм использовалась во всех опытных группах. В контрольных группах яйца не облучались, в них проводилась только обработка поверхности тупого конца яиц перекисью водорода как и во всех опытных группах. В наших исследованиях показателями, характеризующими биологическое влияние излучения являлись выводимость здоровых, хорошо развитых индюшат по отношению к количеству заложенных на инкубацию яиц ($V_{\text{заль}}\%$) и выводимость здоровых, хорошо развитых индюшат по отношению к количеству оплодотворённых яиц из числа заложенных ($V_{\text{опл}}\%$). Основным показателем является $V_{\text{опл}}$. Оптимальную дозу облучения ($D_{\text{оптим}}$, Дж/см²) определяли сравнением заданной дозы облучения (D , Дж/см²) опытных групп с лучшими показателями $V_{\text{заль}}$ и $V_{\text{опл}}$.

Доза облучения вычислялась по формуле:

$$D = \frac{P}{S} \cdot t,$$

где D – доза облучения (Дж/см²);
P – мощность излучения (Вт);
t – экспозиция (с);
S – площадь облучения (см²).

Площадь облучения S примем за постоянную величину вследствие того, что согласно методике наших исследований излучатель однообразно и плотно прикасался к скорлупе. Пятно облучения при контактном способе образуется в форме прямоугольника размером A/B=1мм/2мм. Площадь пятна облучения $S = 0,1\text{см} \cdot 0,2\text{см} = 0,02\text{ см}^2$. Учитывая, что $1\text{Дж} = 1\text{Вт} \cdot 1\text{с}$, мощности излучения 5 мВт, 15 мВт, 25 мВт в расчетах применялись в виде 0,005 Вт; 0,015 Вт; 0,025 Вт. Например, доза облучения в опытной группе № 1–1 $D_{1-1} = 0,005\text{Вт} / 0,02\text{см}^2 \cdot 20\text{ с} = 5\text{ Дж/см}^2$. Таким же образом рассчитали дозы облучения для всех опытных групп.

В исследованиях использовались инкубационные индюшиные яйца, подготовленные к инкубации, продезинфицированные газацией парами формальдегида. Для формирования опытных и контрольных групп яйца были отобраны путём осмотра и сортировки. Критериями отбора яиц в группы являлись: внешний вид и масса яйца. Исключались яйца с проблемной скорлупой – шероховатой, неравномерной, в наростах и бороздках, оставляли яйца с чистой, однородной, гладкой и слегка шероховатой поверхностью. Среди инкубационных встречались яйца массой от 75 до 90 грамм, в опытные и контрольные группы были отобраны те, которые соответствовали массе от 80 до 85 грамм. Группы формировались по 52 яйца в каждую – именно столько яиц массой 80–85 грамм входит в один лоток инкубационного шкафа. Эксперимент проходил в одном инкубационном шкафу, в один инкубационный период, лотки опытных и контрольной группы размещались в инкубационном шкафу рядом друг с другом. В лотках всех групп яйца располагались строго вертикально, тупым концом вверх. Через 12 часов после начала инкубации из инкубационного шкафа лотки с яйцами доставались и в течение нескольких секунд переносились в камеру, где производилось облучение яиц. В качестве камеры использовалось изолированное помещение для дезинфекции яиц, с помощью вентилятора и нагревательного элемента температура воздуха в камере была доведена и поддерживалась в пределах 37,5–38° на сухом термометре и 30–31° на увлажнённом термометре гигрометра. Перед обработкой тупой конец каждого яйца во всех группах был очищен перекисью водорода концентрацией 30 мг/мл с помощью ватной палочки. В нашем эксперименте использовался контактный способ облучения – луч излучателя при обработке направлялся перпендикулярно сфере тупого конца яйца в верхней точке, плотно прикасаясь к скорлупе.

Результаты и их обсуждение. При обработке индюшиных инкубационных яиц низкоинтенсивным лазерным излучением красной области спектра длиной волны $L=670\text{ нм}$ в опыте №1 (табл. 2) воздействие излучения оказалось нейтральным.

Таблица 2 – Результаты опыта №1

Показатели	Опыт № 1			
	Опытные группы			Контрольная группа
Номер группы	1–1	1–2	1–3	1–4
Экспозиция t, с	20	40	60	–
Мощность излучения P, мВт	5	5	5	–
Доза облучения D, Дж/см ²	5	10	15	–
Заложено яиц на инкубацию N _{зал} , шт.	52	52	52	52
Оплодотворённых яиц N _{опл} , шт.	47	43	44	43
Яиц с кровавым кольцом, замерших эмбрионов, задохликов, шт.	10	8	5	7
Слабых, выбракованных индюшат N слабых, гол.	5	4	5	3
Здоровых, хорошо развитых индюшат N здоровых, гол.	32	31	34	33
Выводимость $V_{\text{зал}} = N_{\text{здоровых}}/N_{\text{зал}} \cdot 100, \%$	61,5	59,6	65,4	63,4
Выводимость $V_{\text{опл}} = N_{\text{здоровых}}/N_{\text{опл}} \cdot 100, \%$	68,1	72,1	77,3	76,7

В сравнение контрольной и опытных групп показатели $V_{\text{зал}}$ и $V_{\text{опл}}$ отличалась как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. В опытной группе № 1–1 при облучении $D_{1-1} = 5 \text{ Дж/см}^2$ выводимость $V_{\text{зал}} = 61,5\%$, $V_{\text{опл}} = 68,1\%$, что, соответственно, на 1,9% и 8,6% ниже, чем такие показатели в контрольной группе. В опытной группе № 1–3 при дозе облучения $D_{1-3} = 10 \text{ Дж/см}^2$ показатели выводимости $V_{\text{зал}} = 65,4\%$, $V_{\text{опл}} = 77,3\%$, что, соответственно, на 2,0% и 0,6% выше, чем такие же показатели в контрольной группе.

В опыте № 2 (табл.3) было отмечено положительное влияние излучения на показатели выводимости. Показатель $V_{\text{зал}}$ во всех опытных группах был выше, чем в контрольной. При дозе облучения $D_{2-3} = 45 \text{ Дж/см}^2$ в группе № 2–3 был получен максимальный в наших исследованиях показатель $V_{\text{опл}} = 82,5\%$, что на 8,1% выше, чем $V_{\text{опл}}$ контрольной группы. При дозе облучения $D_{2-1} = 15 \text{ Дж/см}^2$ показатель $V_{\text{опл}} = 70,5\%$ оказался ниже, чем в контрольной группе на 3,9%.

Таблица 3 – Результаты опыта № 2

Показатели	Опыт №2			
	Опытные группы			Контрольная группа
Номер группы	2–1	2–2	2–3	2–4
Экспозиция t, с	20	40	60	–
Мощность излучения P, мВт	15	15	15	–
Доза облучения D, Дж/см ²	15	30	45	–
Заложено яиц на инкубацию $N_{\text{зал}}$, шт.	52	52	52	52
Оплодотворённых яиц $N_{\text{опл}}$, шт.	44	45	40	39
Яиц с кровавым кольцом, замерших эмбрионов, задохликов, шт.	7	4	2	6
Слабых, выбракованных индюшат N слабых, гол.	6	6	5	4
Здоровых, хорошо развитых индюшат, N здоровых, гол.	31	35	33	29
Выводимость $V_{\text{зал}} = N_{\text{здоровых}}/N_{\text{зал}} \cdot 100, \%$	59,6	67,3	63,5	55,8
Выводимость $V_{\text{опл}} = N_{\text{здоровых}}/N_{\text{опл}} \cdot 100, \%$	70,5	77,8	82,5	74,4

В опыте № 3 (табл.4) так же было отмечено положительное влияние излучения на показатели выводимости $V_{\text{зал}}$ и $V_{\text{опл}}$. В группе № 3–1, где доза облучения составляла $D_{3-1} = 25 \text{ Дж/см}^2$ был получен максимальный в эксперименте показатель $V_{\text{зал}} = 71,1\%$, что на 13,4% выше, чем в контрольной группе. Однако разница по показателю $V_{\text{опл}}$ в группе № 3–1 и контрольной группе № 3–4 оказалась не такая существенная – 2,3% ($V_{\text{опл}}(3-1) = 75,5\%$, $V_{\text{опл}}(3-4) = 73,2\%$). Высокий показатель $V_{\text{опл}} = 79,1\%$ был отмечен в группе № 3–2, где доза облучения составляла $D_{3-2} = 50 \text{ Дж/см}^2$. Показатели $V_{\text{зал}}$ и $V_{\text{опл}}$ во всех опытных группах были выше, чем такие же показатели в контрольной группе.

Таблица 4 – Результаты опыта № 3

Показатели	Опыт №3			
	Опытные группы			Контрольная группа
Номер группы	3–1	3–2	3–3	3–4
Экспозиция t, с	20	40	60	–
Мощность излучения P, мВт	25	25	25	–
Доза облучения D, Дж/см ²	25	50	75	–
Заложено яиц на инкубацию $N_{\text{зал}}$, шт.	52	52	52	52
Оплодотворённых яиц $N_{\text{опл}}$, шт.	49	43	42	41
Яиц с кровавым кольцом, замерших эмбрионов, задохликов, шт.	7	3	6	8
Слабых, выбракованных индюшат N слабых, гол.	5	6	4	3
Здоровых, хорошо развитых индюшат, N здоровых, гол.	37	34	32	30
Выводимость $V_{\text{зал}} = N_{\text{здоровых}}/N_{\text{зал}} \cdot 100, \%$	71,1	65,4	61,5	57,7
Выводимость $V_{\text{опл}} = N_{\text{здоровых}}/N_{\text{опл}} \cdot 100, \%$	75,5	79,1	76,2	73,2

$V_{\text{опл}}$ и $V_{\text{зал}}$ являются показателями, характеризующим влияние дозы облучения. В таблице 5 представлены показатели выводимости $V_{\text{опл}}$, $V_{\text{зал}}$ и величины дозы облучения D .

Согласно методике исследований определялось влияние излучения на эмбрион индюшонка, поэтому основным, прямо характеризующим степень влияния излучения, является показатель $V_{\text{опл}}$. Исходя из данных табл. 5 видим, что наиболее благоприятное действие излучения происходит при дозе облучения 45 Дж/см², 50 Дж/см². Выводимость $V_{\text{опл}}$ при этих дозах, соответственно, составила 82,5% и 79,1%.

Таблица 5 – Доза облучения и выводимость индюшат

Номер группы	Доза облучения $D_{\text{п-п}}$, Дж/см ²	Выводимость $V_{\text{опл}}$, %	Выводимость $V_{\text{зал}}$, %
1–1	5	68,1	61,5
1–2	10	72,1	59,6
1–3	15	77,3	65,4
1–4	–	76,7	63,4
2–1	15	70,5	59,6
2–2	30	77,8	67,3
2–3	45	82,5	63,5
2–4	–	74,4	55,8
3–1	25	75,5	71,1
3–2	50	79,1	65,4
3–3	75	76,2	61,5
3–4	–	73,2	57,7

Выводы. Исходя из полученных данных исследований, следует, что биологическая активность линейно-поляризованного низко-интенсивного лазерного излучения красной области спектра длиной волны $L=670$ нм проявилась в повышении выводимости индюшат, которая составила 82,5% и 79,1% при дозах облучения соответственно 45 и 50 Дж/см².

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров, Ю.А. Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения / Ю.А. Владимиров, Г.И. Клебанов, Г.Г. Борисенко, Т.В. Осипов // Биофизика. – 2004. – Т. 49, № 2. – С. 339 – 350.
2. Головинский, П.А. Конформационные переходы в макромолекулах, индуцированные полем лазерного излучения / П.А. Головинский // Журнал технической физики. – 1994. – Т. 64, № 9. – С. 186 – 188.
3. Низкоинтенсивная лазерная терапия / Под ред. С.В.Москвина, В.А. Буйлина. –М.: НПЛЦ Техника, 2000. – 724 с.
4. Кару, Т. Исследование влияния степени поляризации лазерного излучения на стимуляцию клеточного метаболизма / Т. Кару, Л. Пятибрат, С. Москвин, С. Андреев, В. Летохов // Лазерная медицина, 2008. – Т. 12, № 1. – С. 4 – 8.
5. Мостовников, В.А. Зависимость биологической активности низкоинтенсивного лазерного излучения от степени поляризации световой волны / В.А. Мостовников, Г.Р. Мостовникова, В.Ю. Плавский, Л.Г. Плавская, Р.П. Морозова, С.А. Третьяков // Материалы междунар. конф. «Перспективные направления лазерной медицины». –М. 1992. –С. 345 – 347.
6. Рубинов, А.Н. Нерезонансные механизмы биологического действия когерентного и некогерентного света / А.Н Рубинов, А.А. Афанасьев // Оптика и спектрометрия. – 2005. – Т. 98, №6. – С.1027 – 1032.
7. Плавский, В.Ю., Аппаратура для низкоинтенсивной лазерной терапии: современное состояние и тенденции развития / В.Ю. Плавский, В.А. Мостовников, А.Б. Рябцев, Г.Р. Мостовникова, Л.Г. Плавская, Н.К. Никееенко, В.С. Улащик, Н.С. Сердюченко, П.С. Русакевич, А.В. Волотовская, И.А. Рыбин // Оптический журнал, 2007. –Т.74, № 4. –С.27–40.
8. Bolognani L., Costato M., Milani M. // SPIE Proceedings. – Washington, 1994. – P. 319–327.
9. Lubart R., Wollman Y., Friedmann H. et al. // J. Photochem. Photobiol. – 1992. – Vol. 12, N 3. – P. 305–310.